



COMUNE DI REZZATO
PROVINCIA DI BRESCIA
REGIONE LOMBARDIA

VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DEL SUAP "LAMIFER"
AI FENOMENI ALLUVIONALI INDOTTI
DAL NAVIGLIO GRANDE BRESCIANO
STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO



RELAZIONE IDRAULICA

I PROGETTISTI:
Dott. Ing. GIUSEPPE NEGRINELLI
Dott. Ing. ANTONIO DI PASQUALE

GENNAIO 2017

INDICE

1. PREMESSA	2
2. PIANIFICAZIONE P.A.I. (COME INTEGRATA DAL P.G.R.A.)	4
3. DESCRIZIONE DEL SISTEMA IDROGRAFICO NELL'AREA DI INTERESSE	7
4. ANALISI IDRAULICA	9
4.1 FINALITÀ DELL'ANALISI	9
4.2 PRESUPPOSTI DELL'ANALISI IDRAULICA: EFFICIENZA DEI MANUFATTI E DELLE OPERE IDRAULICHE	9
4.3 METODO E CODICE DI CALCOLO	10
4.4 SCHEMA GEOMETRICO DI CALCOLO	11
4.5 COEFFICIENTI DI SCABREZZA	11
4.6 CONDIZIONI AL CONTORNO	12
4.6.1 GEOMETRIA	12
4.6.2 PORTATE	12
4.6.3 APERTURA PARATOIE	13
4.7 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA	14
4.8 OUTPUT DI DETTAGLIO DELLE SIMULAZIONI	16
4.8.1 EVENTO CINQUANTENNALE	17
4.8.2 EVENTO CENTENNALE	21
4.8.3 EVENTO DUECENTENNALE	25
5. CONCLUSIONI	29

1. PREMESSA

Il presente Studio viene redatto con la finalità di valutare l'esposizione ai fenomeni alluvionali causati dal Naviglio Grande Bresciano delle aree del SUAP "LAMIFER" in località Virle di Rezzato.

Nell'ambito delle attività di aggiornamento del P.A.I. conseguenti al recepimento della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE recentemente conclusesi con l'adozione di una Variante al P.A.I. stesso (con Delibera del Comitato Interministeriale n. 5 del 07.12.2016), l'Autorità di Bacino del Fiume Po ha individuato un'estesa porzione del territorio limitrofo al Naviglio Grande Bresciano in sponda sinistra e comprendente anche il SUAP "LAMIFER" come area esposte ad alluvioni frequenti (ovvero con tempo di ritorno inferiore o pari a 50 anni) causate dal reticolo secondario di pianura, secondo l'art. 58 delle N.T.A. del P.A.I. come modificato a seguito della Variante.

Scopo del presente Studio è pertanto la valutazione dell'effettivo grado di pericolosità idraulica per le aree del SUAP "LAMIFER" connessa alla presenza del Naviglio Grande Bresciano.

Lo Studio viene redatto facendo riferimento alle indicazioni tecniche riportate all'interno della *"Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B"* emessa dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999 ed aggiornata con deliberazione n. 10 del Comitato Istituzionale del 5 aprile 2006, nonché all'interno della D.G.R. 30.11.2011 n. IX/2616 *Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12', approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374*, con particolare riferimento all'Allegato 4.

La presente relazione idraulica non contiene solo i risultati finali dell'analisi svolta bensì tutti gli elementi atti alla piena comprensione delle elaborazioni svolte, il calcolo esplicito dei parametri assunti nonché tutti gli elementi atti alla possibilità di ripetizione da parte di altri tecnici (purché, come ovvio, esperti in materia) dei calcoli svolti, per i quali, peraltro, si è fatto uso di software open source.

L'analisi viene condotta in moto permanente monodimensionale ed in relazione ad un evento con tempo di ritorno cinquantennale, centennale e duecentennale.

La presente Relazione è suddivisa in capitoli.

Il Capitolo 2 descrive brevemente lo stato della pianificazione P.A.I. interessante le aree del S.U.A.P. come modificata a seguito della citata Variante.

Il Capitolo 3 descrive lo stato dei luoghi come si presenta ad oggi, con particolare riferimento al Vaso Naviglio Grande Bresciano e alle opere su di esso presenti: esso è redatto a corredo della Tavola 7 dello Studio.

Il Capitolo 4 descrive compiutamente l'analisi idraulica svolta, in merito ai presupposti e alle finalità dell'analisi (§4.1 e §4.2), al codice di calcolo utilizzato (§4.3) ai parametri di calcolo (4.4, 4.5, 4.6), ai risultati ottenuti (esposti in forma riassuntiva al §4.7 e in forma analitica al §4.8). Il Capitolo 4 viene redatto a corredo delle tavole 8, 9 e 10 dello Studio.

Lo Studio, oltre che dalla presente Relazione, risulta essere costituito anche dai seguenti elaborati:

- Relazione Idrologica;
- Elaborati grafici:

Tavola 01	Perimetrazione dei bacini imbriferi – pluviometria	in scala 1:10'000
Tavola 02	Gruppi idrologici	in scala 1:10'000
Tavola 03	Uso dei suoli come riportato all'interno del progetto "DUSAF" (ERSAF – Regione Lombardia, 2007)	in scala 1:10'000
Tavola 04	Uso del suolo normalizzato e gruppi idrologici	in scala 1:10'000

Tavola 05	Rappresentazione schematica della rete idrografica e delle principali singolarità presenti al suo interno	in scala 1:10'000
Tavola 06	Rappresentazione schematica dei principali parametri dimensionali del modello idrologico	in scala 1:10'000
Tavola 07	Reticolo idrografico nell'area di interesse e fotodocumentazione	in scala 1:1'000
Tavola 08	Caratteristiche e risultati del modello idraulico: planimetria con indicazioni delle sezioni di modello	in scala 1:1'000
Tavola 09	Caratteristiche e risultati del modello idraulico: profili longitudinali	in scala 1:100 - 1:1'000
Tavola 10a	Caratteristiche e risultati del modello idraulico: sezioni trasversali – tavola a	in scala 1:100
Tavola 10b	Caratteristiche e risultati del modello idraulico: sezioni trasversali – tavola b	in scala 1:100

2. PIANIFICAZIONE P.A.I. (COME INTEGRATA DAL P.G.R.A.)

Nella sua redazione originaria il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po (Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 del 26.04.2001) non individuava aree in dissesto sulle aree di interesse ai fini del presente Studio: esso individuava sì un rischio di esondazione indotto dal Naviglio Grande Bresciano, ma esteso alla sponda destra a monte dell'area di interesse e sulle due sponde a valle della stessa (Figura 2.1).

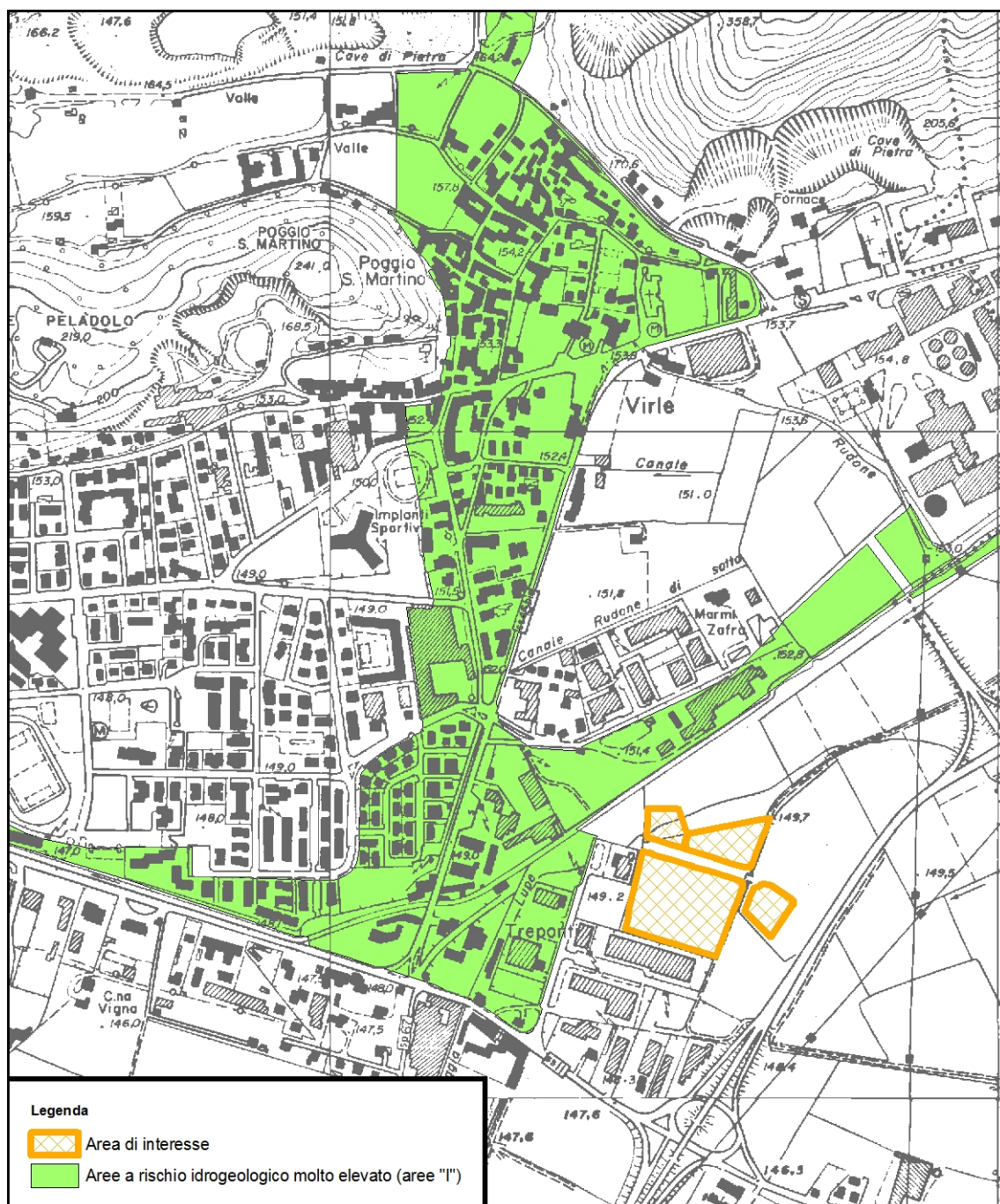
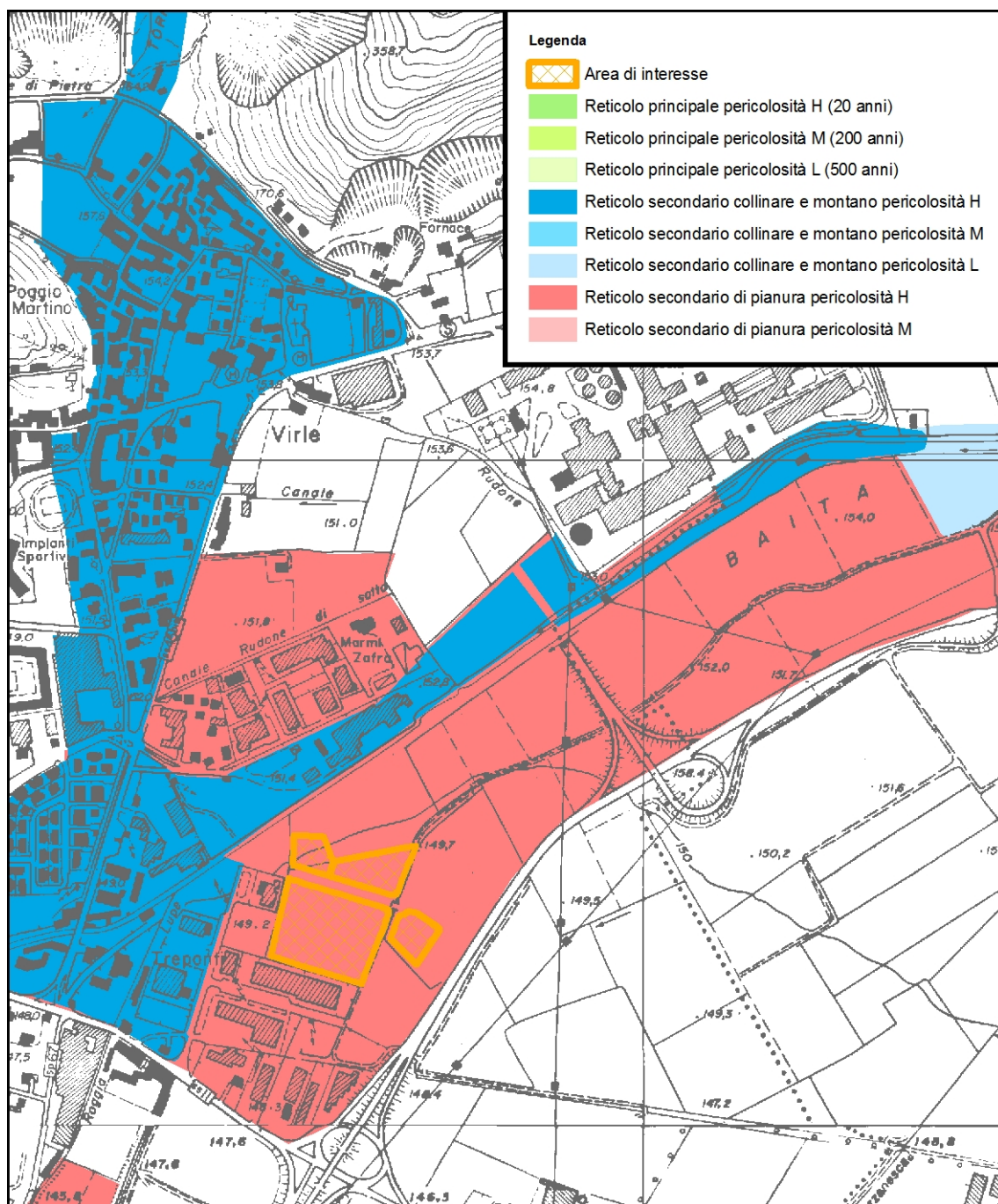


Figura 2.1 Rappresentazione grafica della perimetrazione delle aree di dissesto per rischio idrogeologico molto elevato (Aree "I"), elaborazione su dati regionali, scala 1:10'000.

Il dissesto individuato era legato alla presenza di aree di tipo "I" (aree a rischio idrogeologico molto elevato per inondazione ex art. 49 N.T.A. del P.A.I.), ovvero aree coinvolgibili da fenomeni alluvionali con tempo di ritorno inferiore o pari a 50 anni.

Le modifiche apportate al P.A.I. a seguito del P.G.R.A. (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni), adottate definitivamente con Delibera Comitato Istituzionale n. 05 del 07.12.2016, hanno introdotto una nuova perimetrazione delle aree esposte a fenomeni alluvionali, suddividendole in funzione della natura del corso d'acqua che origina il fenomeno (corsi d'acqua del reticolo principale, corsi d'acqua del reticolo secondario collinare e montano, corsi d'acqua del reticolo secondario di pianura).



Le aree oggetto del presente Studio sono ricomprese all'interno della categoria di nuova introduzione relativa al reticolo secondario di pianura, definito dall'art. 57 del Titolo V delle N.T.A. variate, ed in particolare si è individuata una pericolosità di tipo H, ovvero che si manifesta con eventi con tempo di ritorno pari a 50 anni (Figura 2.2).

3. DESCRIZIONE DEL SISTEMA IDROGRAFICO NELL'AREA DI INTERESSE

L'asta idrica più importante presente nell'area di interesse e, presumibilmente, quella in riferimento alla quale l'Autorità di Bacino ha definito il vincolo è il Naviglio Grande Bresciano.

Sulle funzioni e le caratteristiche generali dell'asta idrica si rimanda a quanto già scritto all'interno della Relazione Idrologica, in questa sede si descrivono le caratteristiche morfologiche dell'asta nel tratto limitrofo all'area di interesse.

Esso procede in direzione Nord – Est Sud – Ovest in un alveo che, in un primo tratto, alterna tratti con sponde e fondo naturali e tratti canalizzati.

Il primo manufatto significativo che si riscontra lungo il tratto oggetto del presente Studio è il ponte della S.S. 116; il ponte ha sezione rettangolare 11.50 x 3.10 m e presenta le peculiarità di essere realizzato in un tratto in cui la S.S. 116 corre in rilevato, costituendo pertanto uno sbarramento trasversale rispetto al moto della corrente ex alveo.

La sezione del ponte viene pertanto considerata come sezione di monte per il modello idraulico in quanto esso costituisce una sezione di controllo: la portata proveniente da monte è vincolata a transitare attraverso di esso.

In linea teorica la presenza di una sezione di controllo potrebbe indurre una laminazione delle portate provenienti da monte e quindi una riduzione dei picchi di piena legata all'esondazione a monte della sezione stessa ma, come si vedrà nel seguito, il ponte viene imboccato senza significativi fenomeni di rigurgito in tutte le tre condizioni di moto considerate (portate con tempo di ritorno di 50, 100 e 200 anni).

A valle del ponte il Naviglio Grande Bresciano corre per un breve tratto all'interno di una sezione naturale di larghezza pari a circa 11 – 12 metri e poi in una sezione canalizzata, con muri spondali su una o su ambedue le sponde.

Circa 590 metri a valle del ponte sulla S.S. 116 si riscontra l'opera sicuramente più rilevante per gli scopi del presente Studio, vale a dire una centrale idroelettrica di recente realizzazione che sfrutta il salto presente in corrispondenza della bocca di presa della Roggia Roberta.

In corrispondenza della centrale idroelettrica il Naviglio Grande Bresciano corre all'interno di una sezione canalizzata in cls rettangolare 10.00 x 2.70 m; lungo lo sviluppo del tratto canalizzato è presente una sezione di controllo ove sono localizzate due paratoie a ventola, ciascuna di larghezza pari a 4.60 m, separate da un setto centrale di larghezza pari a 0.75 m.

Le paratoie a ventola hanno la funzione di incrementare i tiranti idrici a monte della centrale idroelettrica in condizioni di magra o di morbida e se ne prevede l'abbattimento in condizioni di piena.

La centrale idroelettrica è realizzata in sponda sinistra rispetto al Naviglio Grande Bresciano.

In corrispondenza della centrale idroelettrica sono localizzati due presidi di tutela della funzionalità idraulica del Naviglio Grande Bresciano in condizioni di piena, costituiti da altrettanti canali di bypass ambedue in sponda sinistra che corrono intorno al canale di alimentazione e a quello di scarico della centrale stessa.

Il canale più interno (definito negli elaborati della modellazione idraulica con la codifica ROBERTA+SCAR) è alimentato da una paratoia di fondo di sezione 2.50 x 2.00 metri, ed è costituito da un canale di pari sezione di sviluppo nell'ordine di 50 metri, che scarica nel Naviglio Grande Bresciano a valle della sezione di controllo.

Immediatamente a monte dello scarico su tale canale è presente un'ulteriore opera di controllo, con una paratoia trasversale di sezione pari a 2.50 x 2.00 m e una seconda, in sponda sinistra, di sezione 2.00x2.00 m che alimenta la Roggia Roberta, il cui manufatto di captazione è stato inglobato all'interno delle opere della centrale.

In condizioni di tempo asciutto (con centrale in funzione e Roggia Roberta in esercizio irriguo) la paratoia trasversale posta sul canale prima dello scarico viene chiusa e vengono convogliate attraverso la paratoia di presa e, principalmente, quella di alimentazione della Roggia, le sole portate irrigue.

In condizioni di piena è prevista l'apertura completa delle due paratoie poste sul canale e la regolazione della paratoia di alimentazione della Roggia Roberta per garantire il transito delle portate di piena ad essa assegnate (circa 2.50 m³/s).

Sul lato esterno del canale di bypass è presente un secondo canale di bypass, di sezione pari a 2.00 x 1.00 m, alimentato da uno scaricatore di piena longitudinale posto a monte delle ventole avente sviluppo pari a 26 metri e quota del petto posta circa 2.75 – 2.85 m al di sopra del fondo del Naviglio Grande Bresciano.

Tale scaricatore (denominato negli elaborati della modellazione idraulica con la codifica BYPASS), diversamente dal precedente scarico non richiede un intervento per entrare in esercizio ma si attiva al raggiungimento della quota di attivazione.

Contestualmente alle opere della centrale idroelettrica sono state eseguite anche delle opere sul Naviglio Grande Bresciano nel tratto a monte della centrale stessa: in particolare ambedue le sponde sono state sopralzate fino a 150.70 m s.l.m. per circa 230 – 240 metri.

Circa 20 metri a valle dell'immissione nel Naviglio Grande Bresciano dei due canali di bypass della centrale si ha l'incile della Roggia Lupa, realizzato frontalmente rispetto alla sezione d'alveo e con una paratoia di regolazione in testa: come si è detto la Roggia Lupa insieme alla Roggia Roberta è chiamata ad una significativa funzione di allontanamento di parte dei deflussi di piena trasportati dal Naviglio; nello specifico alla Roggia Lupa in tempo di pioggia è assegnata una portata pari a 4.00 m³/s.

A valle della Roggia Lupa il Naviglio Grande Bresciano corre in sezione canalizzata larga circa 8 – 10 m; nel tratto modellato sono presenti tre traverse trasversali:

- la prima, posta circa 150 m a valle della centrale idroelettrica, alimenta la Roggia Rudone – Mora e la Roggia Rena;
- la seconda, posta circa 490 m a valle della centrale idroelettrica, alimenta la Roggia Treina;
- la terza, posta circa 850 m a valle della centrale idroelettrica, alimenta la Roggia Cavallina.

Nel tratto compreso tra la derivazione della Roggia Treina e quella della Roggia Cavallina è presente un'immissione significativa, ovvero quella del Torrente Rino di Rezzato.

Si è scelto di estendere il modello fino alla Roggia Cavallina in quanto essa è alimentata attraverso una traversa il cui petto si colloca circa 0.70 m al di sopra della quota di fondo del Naviglio e, a valle di essa, si ha un salto di fondo di 0.74 m: è pertanto ragionevole supporre da un lato che la traversa generi effetti di rigurgito nel tratto a monte e dall'altro che essa costituisca una disconnessione idraulica rispetto al tratto di valle.

Le aree di interesse ai fini del presente Studio si collocano sulla sponda sinistra del Naviglio Grande Bresciano seppur non limitrofe ad essa ma ad una certa distanza immediatamente a monte della centrale idroelettrica: in prima analisi è possibile ipotizzare che tali aree possano essere coinvolte da fenomeni alluvionali indotti sul Naviglio Grande Bresciano dalla presenza della centrale; come si vedrà, in virtù dei presidi presenti e della corretta gestione delle opere in condizioni di piena, sono tali eventualità.

4. ANALISI IDRAULICA

4.1 FINALITÀ DELL'ANALISI

All'interno del presente Studio si è condotta un'analisi idraulica in moto stazionario monodimensionale esteso alla sola sezione incisa del Naviglio Grande Bresciano.

Un'analisi di tale tipo (che prevede sostanzialmente il transito della portata solo lungo lo sviluppo longitudinale del canale e vincola la sezione di deflusso a quella compresa tra le due sponde ed è condotta in riferimento al solo valore massimo della portata, non all'idrogramma nel suo complesso) può essere ritenuta esaustiva qualora essi porti a dimostrare che la sezione d'alveo è sufficiente o presenta al più un limitato livello di insufficienza (qualche decina di cm al di sopra della quota di sponda e solo in alcune sezioni e non su tratti di un certo sviluppo) al transito delle portate di piena.

Nel caso essa porti ad evidenziare un significativo livello di insufficienza, in termini di altezza dei tiranti idrici o di sviluppo dei tratti coinvolti, tale tipologia di analisi non può essere ritenuta esaustiva, bensì propedeutica ad analisi più approfondite.

Nel caso in esame, considerato che i moti ex alveo rispetto al Naviglio Grande Bresciano sono caratterizzati da una significativa componente trasversale (legata al fatto che le acque fuoriuscite dal Naviglio per effetto dell'orografia tenderebbero ad allontanarsi da esso e a muoversi in direzione Sud per l'appunto trasversalmente al canale) si dovrebbe condurre un'analisi in moto bidimensionale da sviluppare in condizioni di moto vario.

Come si può evincere da quanto riportato nel seguito oltre che negli elaborati dell'analisi idraulica, **per tutte le condizioni di moto prese in esame (eventi con 50, 100 e 200 anni di tempo di ritorno) la sezione d'alveo risulta sufficiente al convogliamento delle portate di piena attese e l'analisi in moto stazionario monodimensionale risulta sufficiente a definire le caratteristiche del fenomeno e l'esposizione delle aree di interesse ai fenomeni alluvionali.**

4.2 PRESUPPOSTI DELL'ANALISI IDRAULICA: EFFICIENZA DEI MANUFATTI E DELLE OPERE IDRAULICHE

L'analisi idraulica viene sviluppata sulla base di alcuni presupposti non specificatamente legati all'analisi in sé, ma alle condizioni al contorno che regolano il funzionamento del sistema e delle opere presenti al suo interno.

Nello specifico si prevede:

1. che nel corso dell'evento meteorico i manufatti idraulici (ponti, derivazioni delle Rogge) presenti lungo lo sviluppo del tratto modellato si conservino in piena efficienza e non vedano ridotta o annullata la propria capacità di funzionamento per effetto di fenomeni di intasamento;
2. che le opere idrauliche presenti lungo il tratto di asta idrica modellato siano funzionali e siano posizionate in assetto idoneo ad accogliere l'onda di piena.

Tale presupposto si applica in particolare:

- alle paratoie a ventola installate sul Naviglio Grande in corrispondenza della centrale idroelettrica che in assetto di piena sono abbattute;
- alla paratoia di alimentazione del condotto di bypass in corrispondenza della centrale idroelettrica che in assetto di piena è completamente aperta;
- alla paratoia di alimentazione della Roggia Roberta che in assetto di piena è aperta per garantire il transito della portata di piena assegnata alla Roggia (2.50 m³/s);
- alla paratoia di alimentazione della Roggia Lupa che in assetto di piena è aperta per garantire il transito della portata di piena assegnata alla Roggia (4.00 m³/s);

- alla paratoia di alimentazione della Roggia Rena che in assetto di piena è aperta per garantire il transito della portata di piena assegnata alla Roggia (0.50 m³/s);
 - alla paratoia di alimentazione della Roggia Rudone Mora che in assetto di piena è aperta per garantire il transito della portata di piena assegnata alla Roggia (0.38 m³/s).
3. che le opere idrauliche presenti lungo il bacino drenato dal Naviglio Grande Bresciano e delle aste idriche che ad esso afferiscono siano efficienti e pienamente funzionali nel corso dell'evento. Questo presupposto si applica in particolare al nuovo Scolmatore che, come si è detto all'interno della Relazione Idrologica, è l'unico presidio di bonifica che allontana dal sistema facente capo al Naviglio Grande Bresciano parte delle acque drenate dal bacino e le scarica fuori di esso, nel Fiume Chiese.

Le motivazioni dei presupposti sopra riportati sono intuibili: un'analisi delle condizioni di pericolosità idraulica cui sono esposte delle aree non può essere redatta sulla base di eventi accidentali o di specifiche condizioni di esercizio che impediscano il regolare funzionamento delle opere o dei manufatti, tenendo per di più conto che, per quanto concerne le opere idrauliche, le piene del Naviglio Grande Bresciano non sono caratterizzate da un'impulsività tale da non consentire gli interventi gestionali descritti in precedenza: al verificarsi di un evento accidentale (quale ad esempio l'intasamento di un ponte) qualunque corso d'acqua, anche artificiale e privo di apporti meteorici è potenzialmente pericoloso.

Con particolare riferimento allo Scolmatore di Nuvolera, la sua funzionalità non ha un riflesso diretto sull'analisi idraulica, ma indiretto in quanto comporta una modifica alle portate in arrivo al tratto modellato: incidentalmente e tenendo conto di quanto detto sopra sulla funzionalità delle opere idrauliche, si pone in evidenza come una chiusura dello scarico al Fiume Chiese potrebbe avere come effetto sull'area di interesse una traslazione dei tempi di ritorno degli eventi: in condizioni di inefficienza dello Scolmatore l'evento cinquantennale potrebbe presentarsi con caratteristiche analoghe a quelle dell'evento centennale in condizioni di piena funzionalità e così pure l'evento centennale che potrebbe avere caratteristiche analoghe a quello duecentennale di piena funzionalità.

4.3 METODO E CODICE DI CALCOLO

I profili idrici di moto entro il Naviglio Grande Bresciano sono calcolati schematizzando il deflusso della corrente in condizioni di moto stazionario monodimensionale.

I calcoli idraulici sono stati eseguiti tramite calcolatore elettronico, utilizzando il programma di calcolo numerico dei profili di moto permanente a pelo libero HEC-RAS 5.0.1 prodotto dall'Hydrologic Engineering Center del Corpo del Genio dell'Esercito statunitense (www.hec.usace.army.mil), in grado di sviluppare rapidamente gli algoritmi di calcolo applicati a schemi tipologici e geometrici complessi e vari, rappresentanti il corso d'acqua e le aree laterali interessate dal deflusso.

Nella modellazione delle sezioni trasversali del Naviglio Grande Bresciano si è fatto riferimento ad un rilievo celerimetrico ad hoc del canale stesso; in ragione delle finalità e delle caratteristiche della modellazione svolta nella rappresentazione delle sezioni trasversali ci si è limitati al contorno della sponda incisa, escludendo i potenziali ex alveo.

La procedura alla base del calcolo si basa sulla soluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia.

Le perdite di carico per attrito sono valutate mediante l'equazione di Manning, diversificando il coefficiente di scabrezza in funzione della natura e delle caratteristiche delle superfici interessate dal deflusso.

Il risultato della modellazione idraulica è rappresentato dai profili della corrente in moto permanente.

Applicando detti profili alla rappresentazione planialtimetrica del corso d'acqua e del territorio circostante, è stato possibile interpretare le modalità di deflusso del corso d'acqua, determinandone in particolare i più probabili punti di criticità.

Tale modellazione, in sinergia con il calcolo idrologico svolto in rapporto alle portate di piena e cinquantennali, centennali e duecentennali del corso d'acqua, ha consentito la definizione di massima dei tiranti attesi e le velocità di moto in alveo.

4.4 SCHEMA GEOMETRICO DI CALCOLO

Il software utilizzato ha consentito di rappresentare, nello schema geometrico di calcolo, l'effettiva configurazione della regione fluviale, immettendo tutti i dati ottenuti dal rilievo topografico e dalle osservazioni locali. Lo schema geometrico di base è rappresentato da:

- 56 sezioni trasversali sul Naviglio Grande Bresciano, ricavate direttamente da un rilievo celerimetrico ad hoc del Fiume e che coprono un'estensione di alveo prossima ai 1'550 metri, compresa fra il ponte sulla S.S. 116 e l'opera di presa della Roggia Cavallina;
- 5 sezioni sullo scarico e la presa della Roggia Roberta, che coprono tutti i 50 metri di sviluppo dello stesso tra la bocca di presa che lo alimenta e lo scarico nel Naviglio;
- 7 sezioni sul bypass di emergenza della centrale idroelettrica, che coprono tutti i 60 metri di sviluppo dello stesso tra lo sfioro che lo alimenta e lo scarico nel Naviglio;
- 2 ponti presenti lungo l'asta del Naviglio Grande Bresciano;
- 1 struttura in linea sul Naviglio Grande Bresciano, a rappresentare le paratoie a ventola che, nella configurazione di progetto, sono completamente abbattute;
- 2 strutture laterali sul Naviglio Grande Bresciano, a rappresentare lo sfioro che alimenta il bypass e la bocca che alimenta il canale di scarico e la presa della Roggia Roberta;
- 1 struttura in linea sul canale di bypass, a rappresentare una soglia fissa;
- 1 struttura in linea sul canale di scarico, a rappresentare la paratoia posta trasversalmente allo stesso;
- 1 struttura laterale sul canale di scarico, a rappresentare la bocca di presa della Roggia Roberta;
- 1 punto di confluenza, ove confluiscono nel Naviglio (suddiviso dalla confluenza in due rami, l'uno a monte di essa e l'altro a valle della stessa) contestualmente il bypass e lo scarico.

Nella rappresentazione delle sezioni trasversali utilizzate ai fini della modellazione si è prestata particolare attenzione a rappresentare al meglio i principali elementi fissi presenti in alveo (cordoli, soglie).

4.5 COEFFICIENTI DI SCABREZZA

I coefficienti di scabrezza di Manning sono stati scelti a seguito di accurate ricognizioni dei luoghi e quantificati in base ai valori relativi alle sezioni all'interno dei centri edificati contenuti al §4.8.4 della Direttiva "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" del Piano Stralcio nelle Fasce Fluviali dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

I coefficienti di scabrezza assunta sono pertanto i seguenti:

- per le sezioni naturali:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m_5 = 0.034$$

Materiale costituente l'alveo	Alluvione fine	$n_0 = 0.024$
Irregolarità della superficie della sezione	Bassa	$n_1 = 0.005$
Variazione della forma e della dimensione della sezione	Graduale	$n_2 = 0.000$
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	$n_3 = 0.000$
Effetto della vegetazione	Basso	$n_4 = 0.005$
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	$m_5 = 1.000$

- per le sezioni rivestite in cls e pietrame:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m_5 = 0.025$$

Materiale costituente l'alveo (1)	Terra	$n_0 = 0.020$
Irregolarità della superficie della sezione	Bassa	$n_1 = 0.005$
Variazione della forma e della dimensione della sezione	Graduale	$n_2 = 0.000$
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	$n_3 = 0.000$
Effetto della vegetazione	Basso	$n_4 = 0.000$
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	$m_5 = 1.000$

(1) si è fatto riferimento al coefficiente relativo alla terra ancorché l'alveo sia in realtà rivestito, in quanto è il coefficiente più basso (meno scabro) tra quelli proposti e quello che meglio approssima le caratteristiche dell'alveo.

Per le sezioni in cui erano presenti contemporaneamente sia muri di sponda sia elementi naturali si è prevista una variazione trasversale del coefficiente di scabrezza al variare del materiale costituente la sezione.

4.6 CONDIZIONI AL CONTORNO

4.6.1 Geometria

Le condizioni al contorno legate alla geometria sono le medesime per tutte le simulazioni svolte e sono riportate all'interno della successiva Tabella 4.1.

Fiume	Ramo	Condizione di monte	Condizione di valle
BYPASS	UNICO	Moto uniforme $i=0.0090$	Confluenza n. 1
NAVIGLIO	MONTE	Moto uniforme $i=0.0034$	Confluenza n. 1
NAVIGLIO	VALLE	Confluenza n. 1	Moto uniforme $i=0.0033$
ROBERTA+SCAR	UNICO	Moto uniforme $i=0.0050$	Confluenza n. 1

Tabella 4.1 Condizioni al contorno: geometria

4.6.2 Portate

Per quanto concerne le portate, si è fatto riferimento ai valori massimi come risultanti dall'analisi idrologica (cui si rimanda per maggiori dettagli), ma come dato di input del modello si sono considerati i valori al lordo delle portate sottratte dalla Roggia Roberta: poiché la derivazione di quest'ultima viene modellata esplicitamente all'interno del modello idraulico e le portate allontanate vengono determinate dal codice di calcolo stesso in funzione della geometria del sistema e della regolazione delle paratoie presenti, inserire la sottrazione di portata legata ad essa anche tra le condizioni al contorno equivarrebbe a sottrarla 2 volte.

All'interno della Tabella 4.2 sono riportate in colore velato le condizioni al contorno imposte per le analisi idrauliche svolte; per facilitare la comprensione del procedimento svolto accanto a queste sono state riportate le portate massime come risultanti dall'analisi idrologica svolta con HEC-HMS: di fatto all'interno

dell'analisi idraulica si sono riportate queste ultime incrementate del valore teorico di portata derivabile in condizioni di piena da parte della Roggia Roberta.

In merito a quanto riportato in tabella si evidenzia quanto segue:

1. Le portate presenti all'imbocco del canale BYPASS e quelle all'imbocco del canale ROBERTA+SCAR sono poste praticamente pari a zero (non è ammessa dal codice l'imposizione di portate nulle, per cui si è imposto un valore prossimo allo zero); i due canali sono alimentati dalle due strutture laterali poste sul Naviglio Grande Bresciano:
 - Il canale BYPASS è alimentato dalla struttura laterale codificata come 880;
 - Il canale ROBERTA+SCAR è alimentato dalla struttura laterale codificata come 870;
2. L'immissione del Torrente Rino viene considerata nel modello idraulico assoggettando il tratto di canale a valle dall'immissione alla portata massima risultante dall'analisi idrologica (LAG_N25), al lordo della portata derivata dalla Roggia Roberta;
3. Al fine di non introdurre troppi elementi di complessità nella modellazione si sono trascurati gli apporti negativi (sottrazione di portata) da parte della Roggia Treina e della Roggia Cavallina: la semplificazione è a favore di sicurezza (si considerano portate maggiori nel Naviglio Grande Bresciano) e comunque concerne portate molto limitate.

Corso d'acqua	Ramo	Sezione RAS	Sezione HMS	Portata 50 y		Portata 100 y		Portata 100 y		Descrizione
				HMS [m³/s]	RAS [m³/s]	HMS [m³/s]	RAS [m³/s]	HMS [m³/s]	RAS [m³/s]	
BYPASS	UNICO	60.298	-		0.0001		0.0001		0.0001	Imbocco bypass con sfioro
NAVIGLIO	MONTE	1532.225	LAG_N19	33.70	33.70	37.12	37.12	40.76	40.76	Sezione iniziale modello
NAVIGLIO	VALLE	813.505	-	31.20	33.70	34.62	37.12	38.26	40.76	Uscita Roggia Roberta
NAVIGLIO	VALLE	760.091	LAG_N21	26.70	29.20	30.12	32.62	33.76	36.26	Uscita Roggia Lupa
NAVIGLIO	VALLE	709.313	LAG_N23	25.82	28.32	29.24	31.74	32.88	35.38	Uscite Roggia Rena e R. Mora
NAVIGLIO	VALLE	510.474	LAG_N25	31.42	33.92	35.56	38.06	39.78	42.28	Immissione Torrente Rino
ROBERTA +SCAR	UNICO	50.500			0.0001		0.0001		0.0001	Imbocco scarico + Roberta

Tabella 4.2 Condizioni al contorno del modello idraulico: portate

4.6.3 Apertura paratoie

Come si è visto, all'interno del modello si sono rappresentati alcuni organi mobili (paratoie) presenti all'interno della centrale idroelettrica, la cui regolazione è funzione delle condizioni di portata presenti all'interno del Naviglio Grande Bresciano.

Poiché come si è detto le condizioni di piena nel Naviglio Grande Bresciano non sono di tipo impulsivo ma sono prevedibili con un certo anticipo, si può ritenere che, a meno di eventi accidentali, all'arrivo della portata di piena la configurazione delle paratoie possa essere la seguente:

1. Le due paratoie a ventola completamente abbattute;
2. La paratoia di alimentazione del canale ROBERTA+SCAR completamente aperta;
3. La paratoia di scarico del canale ROBERTA+SCAR completamente aperta;

4. La paratoia di alimentazione della Roggia Roberta parzialmente aperta così da consentire la derivazione di una portata nell'ordine di 2.50 m³/s.

Le prime tre condizioni al contorno sono di immediata imposizione in quanto rappresentano una condizione di funzionamento "tutto aperto" che prescinde dalle portate e dai tiranti idrici in alveo; la condizione di apertura sulla derivazione della Roggia Roberta ha invece dovuto essere determinata con un calcolo iterativo, variandone l'apertura in funzione dei tiranti idrici nel canale ROBERTA+SCAR così da consentire la derivazione di circa 2.50 m³/s.

Le condizioni imposte sull'apertura delle paratoie sono riportate nella tabella seguente.

Corso d'acqua	Sezione	Descrizione	50 anni	100 anni	200 anni
NAVIGLIO	858.774	Paratoie a ventola	Soglia a quota 148.21 m s.l.m. [+0.01 m rispetto al fondo]	Soglia a quota 148.21 m s.l.m. [+0.01 m rispetto al fondo]	Soglia a quota 148.21 m s.l.m. [+0.01 m rispetto al fondo]
NAVIGLIO	870	Paratoia alimentazione ROBERTA+SCAR	Apertura 2.00 m	Apertura 2.00 m	Apertura 2.00 m
ROBERTA+SCAR	9	Derivazione Roggia Roberta	Apertura 0.45 m	Apertura 0.45 m	Apertura 0.45 m
ROBERTA+SCAR	7	Scarico nel NAVIGLIO	Apertura 2.00 m	Apertura 2.00 m	Apertura 2.00 m

Tabella 4.3 Condizioni al contorno del modello idraulico: apertura paratoie

4.7 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA

I risultati della modellazione idraulica sono riportati in forma grafica all'interno delle Tavole 09 e 10 dello Studio, in forma analitica all'interno del successivo §4.8.

Il principale risultato che si osserva è che **il Naviglio Grande Bresciano risulta sufficiente per il convogliamento delle portate cinquantennali, centennali e duecentennali in corrispondenza dell'area di interesse ai fini del presente Studio.**

Gli unici fenomeni di insufficienza si riscontrano a monte delle traverse di presa della Roggia Treina e della Roggia Cavallina, molto a valle delle aree di interesse ai fini del presente Studio e quindi non in grado di interessarle con i fenomeni di fuoriuscita d'acqua; si tratta comunque di fenomeni limitati con tiranti idrici poco superiori al livello di sponda.

I franchi di sicurezza idraulica riscontrati sono pari a circa 1.00 m sull'evento cinquantennale in corrispondenza della nuova centrale idroelettrica e circa 300 m a monte di essa (fino alla sezione 1150.33 circa), ove si ha un salto di fondo in corrispondenza di un vecchio manufatto posato in alveo.

Essi si riducono a circa 0.30 – 0.60 m nel tratto compreso fra il salto e il ponte della S.S. 116 proprio per effetto del rigurgito indotto da tale manufatto e sono nuovamente intorno a 1.00 m nel tratto a monte.

Per quanto concerne il transito attraverso la centrale idroelettrica (che, come si è detto, si paventava potesse essere un punto critico per la formazione di profili di rigurgito), si osserva come non si abbia un'apprezzabile rigurgito a monte di essa: la riduzione di sezione utile sul Naviglio Grande Bresciano legata al manufatto che ospita le due paratoie a ventola è ampiamente compensata dall'attivazione del percorso dello scarico ROBERTA+SCAR, lungo il quale vengono convogliati rispettivamente:

- 12.34 m³/s su un totale di 33.70 m³/s in arrivo per l'evento cinquantennale;
- 13.04 m³/s su un totale di 37.12 m³/s in arrivo per l'evento centennale;
- 13.75 m³/s su un totale di 40.76 m³/s in arrivo per l'evento duecentennale;

Le portate reimmesse nel Naviglio a valle della centrale idroelettrica sono in realtà minori, in quanto parte delle portate deviate (circa 2.50 – 2.60 m³/s, come si è detto), vengono convogliate alla Roggia Roberta.

Il percorso di bypass di troppo pieno BYPASS non si attiva in nessuna delle tre condizioni modellate: si deduce pertanto che il sistema delle canalizzazioni presenti presso la centrale idroelettrica anche a fronte della portata duecentennale possiede ancora una capacità residua di convogliamento non solo grazie all'alveo del Naviglio Grande Bresciano (che viene percorso con un franco di sicurezza pari a circa 0.90 – 1.10 m) ma alla presenza del BYPASS che ancora non è attivato.

Con riferimento alle finalità del presente Studio, pertanto, si può concludere che, a meno del verificarsi di eventi non prevedibili o accidentali che non consentano il corretto funzionamento degli organi di regolazione installati presso la centrale idroelettrica (in primis l'abbattimento delle paratoie a ventola in assetto "di piena") o che causino la totale o parziale occlusione delle sezioni idrauliche libere esistenti, il Naviglio Grande Bresciano nell'area di interesse è in grado di convogliare le piene duecentennali (e, a più forte ragione, quelle cinquantennali e quelle centennali) con un franco di sicurezza minimo di circa 0.30 – 0.50 m e con una capacità residua di convogliamento legata non solo alla capacità dell'alveo ma alla possibile attivazione del bypass di emergenza: in tali condizioni, pertanto, le aree oggetto del presente Studio non risultano interessate da fenomeni alluvionali.

4.8 OUTPUT DI DETTAGLIO DELLE SIMULAZIONI

Il risultato del calcolo idraulico sono riportati in forma tabellare nei paragrafi seguenti.

Per quanto concerne le sezioni di calcolo, per ciascuna delle sezioni di calcolo, sono riportati:

1. Il corso d'acqua cui la sezione si riferisce;
2. Il ramo ove la sezione si colloca;
3. la sezione trasversale di riferimento;
4. la portata totale transitante all'interno della sezione;
5. la quota di fondo;
6. la quota di sponda sinistra;
7. la quota di sponda destra;
8. il tirante idrico;
9. l'altezza critica;
10. il livello energetico;
11. la pendenza della linea dell'energia
12. la velocità di moto nella sezione d'alveo;
13. l'area bagnata nella sezione d'alveo;
14. la larghezza bagnata;
15. il numero di Froude.

Per quanto concerne le strutture in linea, per ciascuna di esse sono riportati:

1. Il corso d'acqua cui la sezione si riferisce;
2. Il ramo ove la sezione si colloca;
3. la sezione trasversale di riferimento;
4. il livello energetico;
5. il tirante idrico;
6. la portata totale transitante all'interno della sezione;
7. la portata che stramazza al di sopra del manufatto;
8. la portata che transita attraverso la luce di deflusso.

Per quanto concerne le strutture laterali, per ciascuna di esse sono riportati:

1. Il corso d'acqua cui la sezione si riferisce;
2. Il ramo ove la sezione si colloca;
3. la sezione trasversale di riferimento;
 4. la portata in arrivo da monte;
 5. la portata totale allontanata;
 6. la portata che prosegue verso valle;
 7. la portata totale allontanata attraverso lo sfioro;
 8. la portata totale allontanata attraverso le luci di deflusso;
 9. il tirante idrico sopra lo sfioro;
 10. il livello energetico a monte della struttura;
 11. il tirante idrico a monte della struttura;
 12. il livello energetico a valle della struttura;
 13. il tirante idrico a valle della struttura.

I dati salienti della modellazione idraulica sono riportati in forma grafica all'interno delle Tavole 9 e 10 dello Studio.

4.8.1 Evento cinquantennale

4.8.1.1 Sezioni di calcolo

Corso d'acqua	Ramo	Sezione	Portata totale	Quota di fondo	Quota sponda sinistra	Quota sponda destra	Tirante idrico	Altezza critica	Quota energia	Pendenza energia	Velocità	Area bagnata	Largh. bagnata	Numero di Froude
			[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m²]	[m]	[]
ROBERTA+SCAR	UNICO	50.500	0.00	147.58	149.58	149.58	149.50	147.59	149.50	0.000000	0.00	4.80	2.50	0.00
ROBERTA+SCAR	UNICO	9.470	12.34	147.37	149.37	149.37	148.80	148.73	149.41	0.004631	3.46	3.57	2.50	0.93
ROBERTA+SCAR	UNICO	9.370	12.34	147.37	149.78	149.78	148.72	148.72	149.40	0.005352	3.66	3.38	2.50	1.00
ROBERTA+SCAR	UNICO	9	Lat Struct											
ROBERTA+SCAR	UNICO	7.37	9.86	147.36	149.78	149.78	148.19	148.52	149.34	0.012741	4.74	2.08	2.50	1.66
ROBERTA+SCAR	UNICO	7	Inl Struct											
ROBERTA+SCAR	UNICO	0.07	9.86	147.33	150.70	150.70	148.49	148.49	149.08	0.005092	3.39	2.91	2.50	1.00
NAVIGLIO	MONTE	1532.225	33.70	148.99	152.05	151.82	150.88	150.02	150.98	0.001423	1.42	23.69	14.93	0.36
NAVIGLIO	MONTE	1505.803	33.70	149.26	151.76	152.00	150.82		150.95	0.000797	1.59	21.16	15.46	0.43
NAVIGLIO	MONTE	1495.913	33.70	149.26	151.76	152.00	150.73	150.22	150.93	0.000982	2.01	16.75	15.11	0.53
NAVIGLIO	MONTE	1490	Bridge											
NAVIGLIO	MONTE	1482.339	33.70	149.18	153.10	153.10	150.71		150.92	0.001316	2.02	16.71	11.39	0.53
NAVIGLIO	MONTE	1475.409	33.70	149.19	151.98	151.35	150.76		150.88	0.000759	1.55	21.80	15.54	0.42
NAVIGLIO	MONTE	1468.892	33.70	148.73	151.85	151.53	150.78		150.87	0.001182	1.31	25.70	16.00	0.33
NAVIGLIO	MONTE	1434.300	33.70	148.89	151.60	151.87	150.75		150.83	0.001081	1.24	27.12	17.03	0.31
NAVIGLIO	MONTE	1401.189	33.70	148.65	151.29	151.44	150.70		150.79	0.001168	1.30	25.89	16.05	0.33
NAVIGLIO	MONTE	1364.017	33.70	148.80	151.26	151.14	150.66		150.75	0.001067	1.32	25.56	15.28	0.33
NAVIGLIO	MONTE	1335.548	33.70	148.64	151.19	151.69	150.64		150.71	0.000931	1.20	27.99	16.47	0.29
NAVIGLIO	MONTE	1305.704	33.70	148.59	150.99	151.31	150.61		150.69	0.000842	1.21	27.77	14.99	0.28
NAVIGLIO	MONTE	1271.506	33.70	148.41	151.36	151.01	150.59		150.66	0.000759	1.11	30.31	17.61	0.27
NAVIGLIO	MONTE	1240.578	33.70	148.38	150.95	151.00	150.44		150.61	0.002254	1.84	18.32	10.52	0.45
NAVIGLIO	MONTE	1232.307	33.70	148.47	150.95	150.81	150.13		150.55	0.007051	2.89	11.65	8.45	0.79
NAVIGLIO	MONTE	1213.764	33.70	148.30	150.87	150.71	150.18		150.40	0.003426	2.10	16.02	10.82	0.55
NAVIGLIO	MONTE	1189.498	33.70	148.08	150.79	150.94	150.17		150.32	0.002003	1.73	19.52	11.91	0.43
NAVIGLIO	MONTE	1164.625	33.70	148.73	150.73	152.25	149.72	149.72	150.19	0.012851	3.01	11.18	12.23	1.01
NAVIGLIO	MONTE	1162.225	33.70	147.93	150.73	152.25	149.80	149.11	149.95	0.002048	1.74	19.40	12.34	0.44
NAVIGLIO	MONTE	1147.163	33.70	147.78	150.75	151.22	149.80		149.92	0.001422	1.53	22.08	12.88	0.37
NAVIGLIO	MONTE	1135.016	33.70	147.67	150.75	150.70	149.80		149.89	0.001012	1.38	24.49	12.45	0.31

Corso d'acqua	Ramo	Sezione	Portata totale	Quota di fondo	Quota sponda sinistra	Quota sponda destra	Tirante idrico	Altezza critica	Quota energia	Pendenza energia	Velocità	Area bagnata	Largh. bagnata	Numero di Froude
			[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m²]	[m]	[]
NAVIGLIO	MONTE	1132.783	33.70	147.05	150.70	150.70	149.82		149.88	0.000516	1.10	30.52	12.51	0.23
NAVIGLIO	MONTE	1122.145	33.70	147.55	150.70	150.70	149.79		149.87	0.000933	1.29	26.09	13.14	0.29
NAVIGLIO	MONTE	1095.574	33.70	147.76	150.70	150.70	149.74		149.84	0.001320	1.45	23.30	13.30	0.35
NAVIGLIO	MONTE	1086.194	33.70	147.76	150.70	150.90	149.76		149.82	0.000685	1.09	31.03	16.86	0.26
NAVIGLIO	MONTE	1068.534	33.70	147.76	150.70	150.70	149.74		149.81	0.000658	1.11	30.24	15.61	0.26
NAVIGLIO	MONTE	1053.349	33.70	147.63	150.70	150.76	149.74		149.80	0.000594	1.09	30.86	15.11	0.24
NAVIGLIO	MONTE	1035.327	33.70	147.43	150.70	152.71	149.71		149.78	0.000749	1.19	28.34	14.22	0.27
NAVIGLIO	MONTE	1023.628	33.70	147.52	150.70	150.52	149.70		149.77	0.000889	1.22	27.52	13.77	0.28
NAVIGLIO	MONTE	997.057	33.70	147.32	150.70	152.46	149.67		149.75	0.000855	1.27	26.56	13.31	0.29
NAVIGLIO	MONTE	966.738	33.70	147.36	150.70	152.45	149.65		149.72	0.000795	1.19	28.26	15.20	0.28
NAVIGLIO	MONTE	940.057	33.70	147.25	150.70	151.95	149.64		149.70	0.000651	1.08	31.20	16.49	0.25
NAVIGLIO	MONTE	911.756	33.70	147.31	150.70	150.70	149.60		149.68	0.000864	1.22	27.55	13.05	0.27
NAVIGLIO	MONTE	899.663	33.70	147.40	150.70	150.70	149.58		149.66	0.000974	1.26	26.75	14.19	0.29
NAVIGLIO	MONTE	880	Lat Struct											
NAVIGLIO	MONTE	872.663	33.70	147.50	150.90	150.90	149.56		149.65	0.000374	1.30	25.97	12.59	0.29
NAVIGLIO	MONTE	870	Lat Struct											
NAVIGLIO	MONTE	861.504	21.36	147.50	150.90	150.90	149.60		149.63	0.000143	0.81	26.40	12.59	0.18
NAVIGLIO	MONTE	861.404	21.36	148.20	150.90	150.90	149.44		149.62	0.001889	1.88	11.37	9.20	0.54
NAVIGLIO	MONTE	858.874	21.36	148.20	150.90	150.90	149.43	149.02	149.61	0.001925	1.89	11.29	9.20	0.55
NAVIGLIO	MONTE	858.774	Int Struct											
NAVIGLIO	MONTE	858.574	21.36	148.20	150.90	150.90	149.14	149.02	149.45	0.004213	2.48	8.63	9.20	0.82
NAVIGLIO	MONTE	855.894	21.36	148.20	150.90	150.90	149.02	149.02	149.43	0.006354	2.84	7.51	9.20	1.00
NAVIGLIO	MONTE	855.794	21.36	147.15	150.90	150.90	148.68	147.89	148.77	0.000548	1.31	16.25	10.59	0.34
NAVIGLIO	MONTE	841.687	21.36	146.75	150.90	150.90	148.72		148.75	0.000174	0.86	24.75	12.59	0.20
NAVIGLIO	MONTE	831.799	21.36	146.75	150.90	150.90	148.71		148.75	0.000174	0.86	24.73	12.59	0.20
NAVIGLIO	MONTE	830.926	21.36	146.75	150.90	150.90	148.71		148.75	0.000174	0.86	24.72	12.59	0.20
NAVIGLIO	MONTE	828.505	21.36	147.10	150.20	150.07	148.69		148.75	0.000341	1.08	19.77	12.44	0.27
NAVIGLIO	VALLE	813.505	31.22	147.07	149.17	150.00	148.56	147.97	148.73	0.001032	1.80	17.33	11.60	0.47
NAVIGLIO	VALLE	760.091	26.72	147.05	149.17	150.00	148.55		148.67	0.000750	1.54	17.37	11.60	0.40
NAVIGLIO	VALLE	711.035	26.72	146.93	149.05	149.88	148.51		148.63	0.000706	1.53	17.51	11.06	0.39
NAVIGLIO	VALLE	709.313	25.84	146.43	149.05	149.88	148.55		148.61	0.000274	1.10	23.48	11.06	0.24
NAVIGLIO	VALLE	656.729	25.84	146.29	149.01	149.96	148.46		148.59	0.000624	1.55	16.64	7.65	0.34
NAVIGLIO	VALLE	646.728	25.84	146.25	149.01	149.96	148.46	147.30	148.58	0.000595	1.53	16.92	7.65	0.33

Corso d'acqua	Ramo	Sezione	Portata totale	Quota di fondo	Quota sponda sinistra	Quota sponda destra	Tirante idrico	Altezza critica	Quota energia	Pendenza energia	Velocità	Area bagnata	Largh. bagnata	Numero di Froude
			[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m²]	[m]	[]
NAVIGLIO	VALLE	630	Bridge											
NAVIGLIO	VALLE	625.482	25.84	146.30	149.34	149.34	148.29		148.42	0.000680	1.58	16.31	8.20	0.36
NAVIGLIO	VALLE	615.478	25.84	146.30	149.34	149.34	148.28		148.41	0.000687	1.59	16.25	8.20	0.36
NAVIGLIO	VALLE	510.474	31.44	146.07	148.34	148.02	148.22		148.34	0.000626	1.57	20.06	10.50	0.36
NAVIGLIO	VALLE	369.983	31.44	146.03	148.33	148.33	148.15		148.26	0.000515	1.45	21.62	11.20	0.33
NAVIGLIO	VALLE	368.515	31.44	146.72	148.33	148.33	147.73	147.73	148.22	0.004943	3.09	10.16	10.51	1.00
NAVIGLIO	VALLE	365.306	31.44	145.37	148.33	148.33	147.61	146.37	147.70	0.000437	1.39	22.65	10.77	0.31
NAVIGLIO	VALLE	15.306	31.44	145.34	147.55	147.55	147.46		147.56	0.000405	1.34	23.49	11.06	0.29
NAVIGLIO	VALLE	14.806	31.44	146.11	147.55	147.55	147.04	147.04	147.52	0.004995	3.04	10.33	11.06	1.01
NAVIGLIO	VALLE	14.306	31.44	144.60	147.55	147.55	144.99	145.48	147.32	0.070652	6.77	4.64	12.00	3.48
BYPASS	UNICO	60.298	0.00	149.11	150.11	150.11	149.12	149.12	149.12	0.000012	0.01	0.01	2.00	0.03
BYPASS	UNICO	48.178	0.00	149.00	150.00	150.00	149.01	149.01	149.01	0.000012	0.01	0.01	2.00	0.03
BYPASS	UNICO	15.408	0.00	148.70	149.70	149.70	148.75	148.71	148.75	0.000000	0.00	0.11	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	12.808	0.00	148.70	149.70	149.70	148.75	148.71	148.75	0.000000	0.00	0.11	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	12.708	0.00	147.30	149.70	149.70	148.75	147.31	148.75	0.000000	0.00	2.91	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	10.928	0.00	147.30	149.70	149.70	148.75	147.31	148.75	0.000000	0.00	2.91	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	10.828	Inl Struct											
BYPASS	UNICO	10.028	0.00	147.30	149.70	149.70	148.75	147.31	148.75	0.000000	0.00	2.90	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	9.028	0.00	147.30	149.84	149.84	148.75		148.75	0.000000	0.00	3.63	2.50	0.00

4.8.1.2 Strutture in linea

Corso d'acqua	Ramo	Sezione	Quota energia	Tirante idrico	Portata totale attraverso la sezione	Portata che sfiora al di sopra del manufatto	Portata attraverso la luce di deflusso
			[m]	[m]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
ROBERTA+SCAR	UNICO	7	149.13	148.68	9.86		9.86
NAVIGLIO	MONTE	858.774	149.61	149.43	21.36	21.36	
BYPASS	UNICO	10.828	148.75	148.75	0.00	0.00	

4.8.1.3 Strutture laterali

Corso d'acqua	Ramo	Sezione	Portata in arrivo da monte	Portata totale allontanata	Portata che prosegue verso valle	Portata totale allontanata attraverso lo sfioro	Portata totale allontanata attraverso le luci di deflusso	Tirante idrico sopra lo sfioro	Livello energetico a monte della struttura	Tirante idrico a monte della struttura	Livello energetico a valle della struttura	Tirante idrico a valle della struttura
			[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
ROBERTA+SCAR	UNICO	9	12.34	2.49	9.86	0.00	2.49	149.78	149.40	148.72	149.34	148.19
NAVIGLIO	MONTE	880	33.70	0.00	33.70	0.00		150.25	149.66	149.58	149.65	149.56
NAVIGLIO	MONTE	870	33.70	12.20	21.36	0.00	12.20	150.90	149.65	149.56	149.64	149.57

4.8.2 Evento centennale

4.8.2.1 Sezioni di calcolo

Corso d'acqua	Ramo	Sezione	Portata totale	Quota di fondo	Quota sponda sinistra	Quota sponda destra	Tirante idrico	Altezza critica	Quota energia	Pendenza energia	Velocità	Area bagnata	Largh. bagnata	Numero di Froude
			[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m²]	[m]	[]
ROBERTA+SCAR	UNICO	50.500	0.00	147.58	149.58	149.58	149.58	147.59	149.58	0.000000	0.00	5.00	2.50	0.00
ROBERTA+SCAR	UNICO	9.470	13.04	147.37	149.37	149.37	148.85	148.78	149.48	0.004705	3.53	3.70	2.50	0.93
ROBERTA+SCAR	UNICO	9.370	13.04	147.37	149.78	149.78	148.77	148.77	149.48	0.005425	3.72	3.50	2.50	1.00
ROBERTA+SCAR	UNICO	9	Lat Struct											
ROBERTA+SCAR	UNICO	7.37	10.50	147.36	149.78	149.78	148.23	148.57	149.41	0.012643	4.81	2.18	2.50	1.64
ROBERTA+SCAR	UNICO	7	Inl Struct											
ROBERTA+SCAR	UNICO	0.07	10.50	147.33	150.70	150.70	148.54	148.54	149.15	0.005159	3.46	3.03	2.50	1.00
NAVIGLIO	MONTE	1532.225	37.12	148.99	152.05	151.82	150.99	150.08	151.10	0.001411	1.46	25.35	15.13	0.36
NAVIGLIO	MONTE	1505.803	37.12	149.26	151.76	152.00	150.93		151.07	0.000766	1.62	22.94	15.87	0.43
NAVIGLIO	MONTE	1495.913	37.12	149.26	151.76	152.00	150.83	150.29	151.05	0.000943	2.07	17.97	15.50	0.53
NAVIGLIO	MONTE	1490	Bridge											
NAVIGLIO	MONTE	1482.339	37.12	149.18	153.10	153.10	150.82		151.03	0.001290	2.07	17.93	11.40	0.53
NAVIGLIO	MONTE	1475.409	37.12	149.19	151.98	151.35	150.87		151.00	0.000738	1.58	23.55	16.01	0.42
NAVIGLIO	MONTE	1468.892	37.12	148.73	151.85	151.53	150.89		150.98	0.001184	1.35	27.49	16.37	0.33
NAVIGLIO	MONTE	1434.300	37.12	148.89	151.60	151.87	150.86		150.94	0.001064	1.28	29.03	17.10	0.31
NAVIGLIO	MONTE	1401.189	37.12	148.65	151.29	151.44	150.81		150.90	0.001158	1.34	27.68	16.21	0.33
NAVIGLIO	MONTE	1364.017	37.12	148.80	151.26	151.14	150.77		150.86	0.001053	1.36	27.26	15.34	0.33
NAVIGLIO	MONTE	1335.548	37.12	148.64	151.19	151.69	150.75		150.83	0.000932	1.24	29.84	16.64	0.30
NAVIGLIO	MONTE	1305.704	37.12	148.59	150.99	151.31	150.72		150.80	0.000849	1.26	29.44	15.01	0.29
NAVIGLIO	MONTE	1271.506	37.12	148.41	151.36	151.01	150.70		150.77	0.000762	1.15	32.29	17.84	0.27
NAVIGLIO	MONTE	1240.578	37.12	148.38	150.95	151.00	150.54		150.72	0.002318	1.92	19.37	10.62	0.45
NAVIGLIO	MONTE	1232.307	37.12	148.47	150.95	150.81	150.19		150.66	0.007401	3.04	12.20	8.45	0.81
NAVIGLIO	MONTE	1213.764	37.12	148.30	150.87	150.71	150.26		150.50	0.003527	2.20	16.87	10.82	0.56
NAVIGLIO	MONTE	1189.498	37.12	148.08	150.79	150.94	150.25		150.41	0.002088	1.81	20.48	11.92	0.44
NAVIGLIO	MONTE	1164.625	37.12	148.73	150.73	152.25	149.78	149.78	150.28	0.012633	3.11	11.93	12.24	1.01
NAVIGLIO	MONTE	1162.225	37.12	147.93	150.73	152.25	149.91	149.18	150.08	0.001980	1.78	20.84	12.35	0.44
NAVIGLIO	MONTE	1147.163	37.12	147.78	150.75	151.22	149.91		150.04	0.001398	1.57	23.59	12.88	0.37
NAVIGLIO	MONTE	1135.016	37.12	147.67	150.75	150.70	149.92		150.02	0.001023	1.43	25.94	12.47	0.32

Corso d'acqua	Ramo	Sezione	Portata totale	Quota di fondo	Quota sponda sinistra	Quota sponda destra	Tirante idrico	Altezza critica	Quota energia	Pendenza energia	Velocità	Area bagnata	Largh. bagnata	Numero di Froude
			[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m²]	[m]	[]
NAVIGLIO	MONTE	1132.783	37.12	147.05	150.70	150.70	149.94		150.01	0.000540	1.16	31.99	12.53	0.23
NAVIGLIO	MONTE	1122.145	37.12	147.55	150.70	150.70	149.91		150.00	0.000953	1.34	27.63	13.28	0.30
NAVIGLIO	MONTE	1095.574	37.12	147.76	150.70	150.70	149.85		149.97	0.001320	1.49	24.86	13.49	0.35
NAVIGLIO	MONTE	1086.194	37.12	147.76	150.70	150.90	149.88		149.94	0.000684	1.12	33.03	16.89	0.26
NAVIGLIO	MONTE	1068.534	37.12	147.76	150.70	150.70	149.86		149.93	0.000662	1.16	32.08	15.65	0.26
NAVIGLIO	MONTE	1053.349	37.12	147.63	150.70	150.76	149.85		149.92	0.000604	1.14	32.64	15.15	0.25
NAVIGLIO	MONTE	1035.327	37.12	147.43	150.70	152.71	149.83		149.91	0.000765	1.24	30.01	14.36	0.27
NAVIGLIO	MONTE	1023.628	37.12	147.52	150.70	150.52	149.81		149.90	0.000908	1.27	29.12	13.90	0.28
NAVIGLIO	MONTE	997.057	37.12	147.32	150.70	152.46	149.78		149.87	0.000881	1.32	28.09	13.51	0.29
NAVIGLIO	MONTE	966.738	37.12	147.36	150.70	152.45	149.76		149.84	0.000804	1.24	30.02	15.37	0.28
NAVIGLIO	MONTE	940.057	37.12	147.25	150.70	151.95	149.75		149.82	0.000657	1.12	33.11	16.56	0.25
NAVIGLIO	MONTE	911.756	37.12	147.31	150.70	150.70	149.71		149.80	0.000900	1.28	29.02	13.15	0.27
NAVIGLIO	MONTE	899.663	37.12	147.40	150.70	150.70	149.70		149.78	0.000998	1.31	28.37	14.43	0.30
NAVIGLIO	MONTE	880	Lat Struct											
NAVIGLIO	MONTE	872.663	37.12	147.50	150.90	150.90	149.67		149.77	0.000388	1.36	27.36	12.59	0.29
NAVIGLIO	MONTE	870	Lat Struct											
NAVIGLIO	MONTE	861.504	24.08	147.50	150.90	150.90	149.71		149.75	0.000156	0.87	27.82	12.59	0.19
NAVIGLIO	MONTE	861.404	24.08	148.20	150.90	150.90	149.54		149.73	0.001919	1.96	12.30	9.20	0.54
NAVIGLIO	MONTE	858.874	24.08	148.20	150.90	150.90	149.53	149.08	149.73	0.001953	1.97	12.22	9.20	0.55
NAVIGLIO	MONTE	858.774	Int Struct											
NAVIGLIO	MONTE	858.574	24.08	148.20	150.90	150.90	149.21	149.08	149.55	0.004270	2.58	9.32	9.20	0.82
NAVIGLIO	MONTE	855.894	24.08	148.20	150.90	150.90	149.08	149.08	149.53	0.006360	2.96	8.14	9.20	1.00
NAVIGLIO	MONTE	855.794	24.08	147.15	150.90	150.90	148.86	147.96	148.95	0.000504	1.33	18.09	10.59	0.33
NAVIGLIO	MONTE	841.687	24.08	146.75	150.90	150.90	148.89		148.93	0.000171	0.89	26.93	12.59	0.20
NAVIGLIO	MONTE	831.799	24.08	146.75	150.90	150.90	148.89		148.93	0.000172	0.90	26.90	12.59	0.20
NAVIGLIO	MONTE	830.926	24.08	146.75	150.90	150.90	148.89		148.93	0.000172	0.90	26.90	12.59	0.20
NAVIGLIO	MONTE	828.505	24.08	147.10	150.20	150.07	148.86		148.93	0.000316	1.10	21.94	12.44	0.26
NAVIGLIO	VALLE	813.505	34.58	147.07	149.17	150.00	148.75	148.03	148.91	0.000893	1.78	19.43	11.60	0.44
NAVIGLIO	VALLE	760.091	30.08	147.05	149.17	150.00	148.73		148.85	0.000668	1.54	19.51	11.60	0.38
NAVIGLIO	VALLE	711.035	30.08	146.93	149.05	149.88	148.70		148.82	0.000638	1.54	19.58	11.06	0.37
NAVIGLIO	VALLE	709.313	29.20	146.43	149.05	149.88	148.74		148.80	0.000273	1.14	25.52	11.06	0.24
NAVIGLIO	VALLE	656.729	29.20	146.29	149.01	149.96	148.64		148.78	0.000638	1.62	17.99	7.65	0.34
NAVIGLIO	VALLE	646.728	29.20	146.25	149.01	149.96	148.64	147.39	148.77	0.000611	1.60	18.27	7.65	0.33

Corso d'acqua	Ramo	Sezione	Portata totale	Quota di fondo	Quota sponda sinistra	Quota sponda destra	Tirante idrico	Altezza critica	Quota energia	Pendenza energia	Velocità	Area bagnata	Largh. bagnata	Numero di Froude
			[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m²]	[m]	[]
NAVIGLIO	VALLE	630	Bridge											
NAVIGLIO	VALLE	625.482	29.20	146.30	149.34	149.34	148.41		148.56	0.000732	1.69	17.30	8.20	0.37
NAVIGLIO	VALLE	615.478	29.20	146.30	149.34	149.34	148.40		148.55	0.000741	1.69	17.23	8.20	0.37
NAVIGLIO	VALLE	510.474	35.52	146.07	148.34	148.02	148.33		148.47	0.000672	1.67	21.26	10.50	0.37
NAVIGLIO	VALLE	369.983	35.52	146.03	148.33	148.33	148.26		148.38	0.000562	1.55	22.86	11.38	0.35
NAVIGLIO	VALLE	368.515	35.52	146.72	148.33	148.33	147.81	147.81	148.34	0.004869	3.21	11.07	10.65	1.00
NAVIGLIO	VALLE	365.306	35.52	145.37	148.33	148.33	147.73	146.46	147.84	0.000474	1.48	23.97	10.89	0.32
NAVIGLIO	VALLE	15.306	35.52	145.34	147.55	147.55	147.57		147.68	0.000447	1.44	24.68	11.06	0.31
NAVIGLIO	VALLE	14.806	35.52	146.11	147.55	147.55	147.12	147.12	147.64	0.004942	3.17	11.21	11.06	1.01
NAVIGLIO	VALLE	14.306	35.52	144.60	147.55	147.55	145.03	145.56	147.44	0.063769	6.87	5.17	12.00	3.35
BYPASS	UNICO	60.298	0.00	149.11	150.11	150.11	149.12	149.12	149.12	0.000012	0.01	0.01	2.00	0.03
BYPASS	UNICO	48.178	0.00	149.00	150.00	150.00	149.01	149.01	149.01	0.000012	0.01	0.01	2.00	0.03
BYPASS	UNICO	15.408	0.00	148.70	149.70	149.70	148.93	148.71	148.93	0.000000	0.00	0.46	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	12.808	0.00	148.70	149.70	149.70	148.93	148.71	148.93	0.000000	0.00	0.46	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	12.708	0.00	147.30	149.70	149.70	148.93	147.31	148.93	0.000000	0.00	3.26	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	10.928	0.00	147.30	149.70	149.70	148.93	147.31	148.93	0.000000	0.00	3.26	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	10.828	Inl Struct											
BYPASS	UNICO	10.028	0.00	147.30	149.70	149.70	148.93	147.31	148.93	0.000000	0.00	3.26	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	9.028	0.00	147.30	149.84	149.84	148.93		148.93	0.000000	0.00	4.07	2.50	0.00

4.8.2.2 Strutture in linea

Corso d'acqua	Ramo	Sezione	Quota energia	Tirante idrico	Portata totale attraverso la sezione	Portata che sfiora al di sopra del manufatto	Portata attraverso la luce di deflusso
			[m]	[m]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
ROBERTA+SCAR	UNICO	7	149.21	148.74	10.50		10.50
NAVIGLIO	MONTE	858.774	149.73	149.53	24.08	24.08	
BYPASS	UNICO	10.828	148.93	148.93	0.00	0.00	

4.8.2.3 Strutture laterali

Corso d'acqua	Ramo	Sezione	Portata in arrivo da monte	Portata totale allontanata	Portata che prosegue verso valle	Portata totale allontanata attraverso lo sfioro	Portata totale allontanata attraverso le luci di deflusso	Tirante idrico sopra lo sfioro	Livello energetico a monte della struttura	Tirante idrico a monte della struttura	Livello energetico a valle della struttura	Tirante idrico a valle della struttura
			[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
ROBERTA+SCAR	UNICO	9	13.04	2.54	10.50	0.00	2.54	149.78	149.48	148.77	149.41	148.23
NAVIGLIO	MONTE	880	37.12	0.00	37.12	0.00		150.25	149.78	149.70	149.77	149.67
NAVIGLIO	MONTE	870	37.12	13.01	24.08	0.00	13.01	150.90	149.77	149.67	149.76	149.68

4.8.3 Evento duecentennale

4.8.3.1 Sezioni di calcolo

Corso d'acqua	Ramo	Sezione	Portata totale	Quota di fondo	Quota sponda sinistra	Quota sponda destra	Tirante idrico	Altezza critica	Quota energia	Pendenza energia	Velocità	Area bagnata	Largh. bagnata	Numero di Froude
			[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m²]	[m]	[]
ROBERTA+SCAR	UNICO	50.500	0.00	147.58	149.58	149.58	149.67	147.59	149.67	0.000000	0.00	5.00		0.00
ROBERTA+SCAR	UNICO	9.470	13.75	147.37	149.37	149.37	148.90	148.83	149.56	0.004774	3.59	3.83	2.50	0.93
ROBERTA+SCAR	UNICO	9.370	13.75	147.37	149.78	149.78	148.82	148.82	149.55	0.005497	3.79	3.63	2.50	1.00
ROBERTA+SCAR	UNICO	9	Lat Struct											
ROBERTA+SCAR	UNICO	7.37	11.16	147.36	149.78	149.78	148.28	148.62	149.49	0.012530	4.88	2.29	2.50	1.63
ROBERTA+SCAR	UNICO	7	Inl Struct											
ROBERTA+SCAR	UNICO	0.07	11.16	147.33	150.70	150.70	148.62	148.59	149.23	0.004911	3.45	3.23	2.50	0.97
NAVIGLIO	MONTE	1532.225	40.76	148.99	152.05	151.82	151.10	150.14	151.22	0.001397	1.50	27.10	15.33	0.36
NAVIGLIO	MONTE	1505.803	40.76	149.26	151.76	152.00	151.05		151.19	0.000734	1.64	24.83	16.30	0.42
NAVIGLIO	MONTE	1495.913	40.76	149.26	151.76	152.00	150.94	150.35	151.17	0.000906	2.12	19.23	15.90	0.52
NAVIGLIO	MONTE	1490	Bridge											
NAVIGLIO	MONTE	1482.339	40.76	149.18	153.10	153.10	150.93		151.16	0.001266	2.12	19.18	11.41	0.52
NAVIGLIO	MONTE	1475.409	40.76	149.19	151.98	151.35	150.99		151.12	0.000716	1.60	25.43	16.50	0.41
NAVIGLIO	MONTE	1468.892	40.76	148.73	151.85	151.53	151.01		151.10	0.001180	1.39	29.40	16.76	0.33
NAVIGLIO	MONTE	1434.300	40.76	148.89	151.60	151.87	150.97		151.06	0.001047	1.31	31.01	17.18	0.31
NAVIGLIO	MONTE	1401.189	40.76	148.65	151.29	151.44	150.93		151.03	0.001147	1.38	29.57	16.38	0.33
NAVIGLIO	MONTE	1364.017	40.76	148.80	151.26	151.14	150.88		150.98	0.001039	1.40	29.04	15.40	0.33
NAVIGLIO	MONTE	1335.548	40.76	148.64	151.19	151.69	150.87		150.95	0.000930	1.28	31.79	16.82	0.30
NAVIGLIO	MONTE	1305.704	40.76	148.59	150.99	151.31	150.84		150.92	0.000854	1.31	31.16	15.02	0.29
NAVIGLIO	MONTE	1271.506	40.76	148.41	151.36	151.01	150.82		150.89	0.000762	1.19	34.37	18.08	0.27
NAVIGLIO	MONTE	1240.578	40.76	148.38	150.95	151.00	150.64		150.84	0.002405	1.99	20.49	10.92	0.46
NAVIGLIO	MONTE	1232.307	40.76	148.47	150.95	150.81	150.26		150.78	0.007777	3.20	12.75	8.45	0.83
NAVIGLIO	MONTE	1213.764	40.76	148.30	150.87	150.71	150.34		150.61	0.003629	2.30	17.74	10.83	0.57
NAVIGLIO	MONTE	1189.498	40.76	148.08	150.79	150.94	150.33		150.51	0.002172	1.90	21.45	11.93	0.45
NAVIGLIO	MONTE	1164.625	40.76	148.73	150.73	152.25	149.85	149.85	150.37	0.012417	3.21	12.71	12.26	1.01
NAVIGLIO	MONTE	1162.225	40.76	147.93	150.73	152.25	150.03	149.24	150.20	0.001919	1.83	22.32	12.37	0.43
NAVIGLIO	MONTE	1147.163	40.76	147.78	150.75	151.22	150.04		150.17	0.001377	1.62	25.14	12.89	0.37
NAVIGLIO	MONTE	1135.016	40.76	147.67	150.75	150.70	150.04		150.15	0.001033	1.48	27.45	12.50	0.32

Corso d'acqua	Ramo	Sezione	Portata totale	Quota di fondo	Quota sponda sinistra	Quota sponda destra	Tirante idrico	Altezza critica	Quota energia	Pendenza energia	Velocità	Area bagnata	Largh. bagnata	Numero di Froude
			[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m²]	[m]	[]
NAVIGLIO	MONTE	1132.783	40.76	147.05	150.70	150.70	150.06		150.14	0.000563	1.22	33.52	12.55	0.24
NAVIGLIO	MONTE	1122.145	40.76	147.55	150.70	150.70	150.03		150.13	0.000970	1.39	29.25	13.41	0.30
NAVIGLIO	MONTE	1095.574	40.76	147.76	150.70	150.70	149.97		150.09	0.001317	1.54	26.51	13.69	0.35
NAVIGLIO	MONTE	1086.194	40.76	147.76	150.70	150.90	150.00		150.07	0.000681	1.16	35.11	16.92	0.26
NAVIGLIO	MONTE	1068.534	40.76	147.76	150.70	150.70	149.98		150.06	0.000663	1.20	33.99	15.70	0.26
NAVIGLIO	MONTE	1053.349	40.76	147.63	150.70	150.76	149.98		150.05	0.000611	1.18	34.49	15.19	0.25
NAVIGLIO	MONTE	1035.327	40.76	147.43	150.70	152.71	149.95		150.03	0.000779	1.28	31.75	14.50	0.28
NAVIGLIO	MONTE	1023.628	40.76	147.52	150.70	150.52	149.93		150.02	0.000925	1.32	30.80	14.04	0.29
NAVIGLIO	MONTE	997.057	40.76	147.32	150.70	152.46	149.90		150.00	0.000902	1.37	29.71	13.71	0.30
NAVIGLIO	MONTE	966.738	40.76	147.36	150.70	152.45	149.88		149.97	0.000810	1.28	31.88	15.55	0.29
NAVIGLIO	MONTE	940.057	40.76	147.25	150.70	151.95	149.88		149.94	0.000661	1.16	35.10	16.64	0.26
NAVIGLIO	MONTE	911.756	40.76	147.31	150.70	150.70	149.83		149.92	0.000933	1.33	30.56	13.25	0.28
NAVIGLIO	MONTE	899.663	40.76	147.40	150.70	150.70	149.81		149.91	0.001016	1.36	30.08	14.67	0.30
NAVIGLIO	MONTE	880	Lat Struct											
NAVIGLIO	MONTE	872.663	40.76	147.50	150.90	150.90	149.79		149.89	0.000401	1.41	28.81	12.59	0.30
NAVIGLIO	MONTE	870	Lat Struct											
NAVIGLIO	MONTE	861.504	27.01	147.50	150.90	150.90	149.83		149.87	0.000168	0.92	29.29	12.59	0.19
NAVIGLIO	MONTE	861.404	27.01	148.20	150.90	150.90	149.64		149.85	0.001948	2.04	13.27	9.20	0.54
NAVIGLIO	MONTE	858.874	27.01	148.20	150.90	150.90	149.63	149.15	149.85	0.001980	2.05	13.19	9.20	0.55
NAVIGLIO	MONTE	858.774	Int Struct											
NAVIGLIO	MONTE	858.574	27.01	148.20	150.90	150.90	149.29	149.15	149.66	0.004326	2.69	10.04	9.20	0.82
NAVIGLIO	MONTE	855.894	27.01	148.20	150.90	150.90	149.15	149.15	149.64	0.006397	3.08	8.78	9.20	1.01
NAVIGLIO	MONTE	855.794	27.01	147.15	150.90	150.90	149.04	148.02	149.13	0.000467	1.35	20.04	10.59	0.31
NAVIGLIO	MONTE	841.687	27.01	146.75	150.90	150.90	149.07		149.12	0.000169	0.92	29.24	12.59	0.19
NAVIGLIO	MONTE	831.799	27.01	146.75	150.90	150.90	149.07		149.11	0.000169	0.92	29.22	12.59	0.19
NAVIGLIO	MONTE	830.926	27.01	146.75	150.90	150.90	149.07		149.11	0.000169	0.92	29.22	12.59	0.19
NAVIGLIO	MONTE	828.505	27.01	147.10	150.20	150.07	149.05		149.11	0.000294	1.11	24.24	12.44	0.25
NAVIGLIO	VALLE	813.505	38.17	147.07	149.17	150.00	148.94		149.09	0.000785	1.76	21.65	11.60	0.41
NAVIGLIO	VALLE	760.091	33.67	147.05	149.17	150.00	148.92		149.05	0.000603	1.55	21.75	11.60	0.36
NAVIGLIO	VALLE	711.035	33.67	146.93	149.05	149.88	148.90		149.02	0.000585	1.55	21.74	11.06	0.35
NAVIGLIO	VALLE	709.313	32.79	146.43	149.05	149.88	148.93		149.00	0.000272	1.19	27.66	11.06	0.24
NAVIGLIO	VALLE	656.729	32.79	146.29	149.01	149.96	148.83		148.97	0.000649	1.69	19.42	7.65	0.34
NAVIGLIO	VALLE	646.728	32.79	146.25	149.01	149.96	148.82	147.48	148.97	0.000624	1.66	19.70	7.65	0.33

Corso d'acqua	Ramo	Sezione	Portata totale	Quota di fondo	Quota sponda sinistra	Quota sponda destra	Tirante idrico	Altezza critica	Quota energia	Pendenza energia	Velocità	Area bagnata	Largh. bagnata	Numero di Froude
			[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m²]	[m]	[]
NAVIGLIO	VALLE	630	Bridge											
NAVIGLIO	VALLE	625.482	32.79	146.30	149.34	149.34	148.53		148.69	0.000792	1.80	18.25	8.20	0.38
NAVIGLIO	VALLE	615.478	32.79	146.30	149.34	149.34	148.52		148.68	0.000802	1.80	18.17	8.20	0.39
NAVIGLIO	VALLE	510.474	39.69	146.07	148.34	148.02	148.44		148.60	0.000717	1.77	22.43	10.50	0.39
NAVIGLIO	VALLE	369.983	39.69	146.03	148.33	148.33	148.36		148.50	0.000605	1.65	24.08	11.50	0.36
NAVIGLIO	VALLE	368.515	39.69	146.72	148.33	148.33	147.90	147.90	148.46	0.004806	3.32	11.97	10.79	1.00
NAVIGLIO	VALLE	365.306	39.69	145.37	148.33	148.33	147.85	146.54	147.97	0.000509	1.57	25.27	11.01	0.33
NAVIGLIO	VALLE	15.306	39.69	145.34	147.55	147.55	147.68		147.80	0.000487	1.54	25.84	11.06	0.32
NAVIGLIO	VALLE	14.806	39.69	146.11	147.55	147.55	147.20	147.20	147.75	0.004898	3.29	12.07	11.06	1.01
NAVIGLIO	VALLE	14.306	39.69	144.60	147.55	147.55	145.07	145.63	147.56	0.058297	6.98	5.69	12.00	3.24
BYPASS	UNICO	60.298	0.00	149.11	150.11	150.11	149.12	149.12	149.12	0.000004	0.01	0.02	2.00	0.02
BYPASS	UNICO	48.178	0.00	149.00	150.00	150.00	149.12	149.01	149.12	0.000000	0.00	0.24	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	15.408	0.00	148.70	149.70	149.70	149.12	148.71	149.12	0.000000	0.00	0.84	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	12.808	0.00	148.70	149.70	149.70	149.12	148.71	149.12	0.000000	0.00	0.84	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	12.708	0.00	147.30	149.70	149.70	149.12	147.31	149.12	0.000000	0.00	3.64	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	10.928	0.00	147.30	149.70	149.70	149.12	147.31	149.12	0.000000	0.00	3.64	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	10.828	Inl Struct											
BYPASS	UNICO	10.028	0.00	147.30	149.70	149.70	149.12	147.31	149.12	0.000000	0.00	3.63	2.00	0.00
BYPASS	UNICO	9.028	0.00	147.30	149.84	149.84	149.12		149.12	0.000000	0.00	4.54	2.50	0.00

4.8.3.2 Strutture in linea

Corso d'acqua	Ramo	Sezione	Quota energia	Tirante idrico	Portata totale attraverso la sezione	Portata che sfiora al di sopra del manufatto	Portata attraverso la luce di deflusso
			[m]	[m]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
ROBERTA+SCAR	UNICO	7	149.29	148.81	11.16		11.16
NAVIGLIO	MONTE	858.774	149.85	149.63	27.01	27.01	
BYPASS	UNICO	10.828	149.12	149.12	0.00	0.00	

4.8.3.3 Strutture laterali

Corso d'acqua	Ramo	Sezione	Portata in arrivo da monte	Portata totale allontanata	Portata che prosegue verso valle	Portata totale allontanata attraverso lo sfioro	Portata totale allontanata attraverso le luci di deflusso	Tirante idrico sopra lo sfioro	Livello energetico a monte della struttura	Tirante idrico a monte della struttura	Livello energetico a valle della struttura	Tirante idrico a valle della struttura
			[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
ROBERTA+SCAR	UNICO	9	13.75	2.60	11.16	0.00	2.60	149.78	149.55	148.82	149.49	148.28
NAVIGLIO	MONTE	880	40.76	0.00	40.76	0.00		150.25	149.91	149.81	149.89	149.79
NAVIGLIO	MONTE	870	40.76	13.74	27.01	0.00	13.74	150.90	149.89	149.79	149.89	149.80

5. CONCLUSIONI

Il presente Studio è stato redatto con la finalità di valutare l'esposizione ai fenomeni alluvionali causati dal Naviglio Grande Bresciano delle aree del SUAP "LAMIFER" in località Virle di Rezzato.

Nell'ambito delle attività di aggiornamento del P.A.I. conseguenti al recepimento della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE recentemente conclusesi con l'adozione di una Variante al P.A.I. stesso (con Delibera del Comitato Interministeriale n. 5 del 07.12.2016), l'Autorità di Bacino del Fiume Po ha individuato un'estesa porzione del territorio limitrofo al Naviglio Grande Bresciano in sponda sinistra e comprendente anche il SUAP "LAMIFER" come area esposte ad alluvioni frequenti (ovvero con tempo di ritorno inferiore o pari a 50 anni) causate dal reticolo secondario di pianura, secondo l'art. 58 delle N.T.A. del P.A.I. come modificato a seguito della Variante.

Scopo del presente Studio è stato pertanto la valutazione dell'effettivo grado di pericolosità idraulica per le aree del SUAP "LAMIFER" connessa alla presenza del Naviglio Grande Bresciano.

Lo Studio è stato redatto facendo riferimento alle indicazioni tecniche riportate all'interno della *"Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B"* emessa dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999 ed aggiornata con deliberazione n. 10 del Comitato Istituzionale del 5 aprile 2006, nonché ai contenuti della D.G.R. 30.11.2011 n. IX/2616 *Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12', approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374.*

Lo Studio ha condotto un'approfondita indagine idrologica sui deflussi delle aste idriche interessanti l'area in oggetto con la predisposizione di una modellazione idrologica dell'intero sistema dei corpi idrici superficiali tributari del Naviglio Grande Bresciano a monte ed in corrispondenza della sezione di interesse.

L'indagine sul territorio ha portato ad evidenziare che l'asta idrica che potenzialmente potrebbe dare luogo a fenomeni alluvionali sull'area di Studio è il Canale Naviglio Grande Bresciano, in quanto esso corre in posizione limitrofa alle aree del SUAP seppure ad una certa distanza da esso e non vi sono altri corpi idrici di pari rilevanza nell'immediato intorno.

La modellazione idraulica è stata condotta sulla base di alcuni presupposti di buon senso, ovvero ipotizzando che le opere e i manufatti idraulici (ponti, paratoie, bypass) presenti lungo il Naviglio e le aste ad esso afferente siano in efficienza durante l'evento di piena, esulando dalle finalità della presente analisi la valutazione dei fenomeni alluvionali conseguenti al verificarsi di un evento accidentale (quale ad esempio l'intasamento di un ponte): in tali condizioni qualunque corso d'acqua, anche artificiale e privo di apporti meteorici è potenzialmente pericoloso.

La modellazione ha evidenziato come il Naviglio Grande Bresciano nell'area di interesse sia in grado di convogliare le piene duecentennali (e, a più forte ragione, quelle cinquantennali e quelle centennali) con un franco di sicurezza minimo di circa 0.30 – 0.50 m e con una capacità residua di convogliamento legata non solo alla capacità dell'alveo ma alla possibile attivazione del bypass di emergenza situato presso la centrale idroelettrica presente immediatamente a valle del SUAP LAMIFER: in tali condizioni, pertanto, le aree oggetto del presente Studio non risultano interessate da fenomeni alluvionali.

Gennaio 2017

Ing. Giuseppe Negrinelli

Ing. Antonio Di Pasquale